

Teilungskoeffizienten einiger Metalle
zwischen den Schmelzphasen
Olivin und Eisen

(Auszug)

Erlangen 1961

von

Ernst Unger

aus Taubenbach/Thür.

Teilungskoeffizienten einiger Metalle
zwischen den
Schmelzphasen Olivin und Eisen

(Auszug)

Der Naturwissenschaftlichen Fakultät der
Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen - Nürnberg
zur
Erlangung des Doktorgrades

vorgelegt von
E r n s t U n g e r
aus Taubenbach / Thür.

Als Dissertation genehmigt
von der
Naturwissenschaftlichen Fakultät der
Universität Erlangen-Nürnberg

Tag der mündlichen Prüfung : 17.5.1961



Dekan : Universitätsprofessor Dr. G.Hesse
Berichterstatter : Universitätsprofessor Dr. Th.Ernst
Berichterstatter : Universitätsprofessor Dr. E.Lange

Teilungskoeffizienten einiger Metalle
zwischen den
Schmelzphasen Olivin und Eisen

Mit Hilfe von Schmelzversuchen bei 1600 °C mit dem Zweiphasensystem Olivin - Eisen unter Beigabe von metallischen Zuschlägen konnten für einige Metalle Verteilungskoeffizienten ermittelt werden. Der für Nickel erhaltene Wert von $8,6 \cdot 10^{-3}$ befand sich mit den in der Literatur angegebenen in guter Übereinstimmung.

I. Einleitung und Problemstellung.

Entsprechend der großen Bedeutung für die technische Darstellung der nutzbaren Metalle wurden die chemischen Gleichgewichte zwischen Stahlbad und Schlacke sehr oft untersucht (1). Wenig bearbeitet hingegen wurde die Verteilung möglichst vieler, in kleiner Konzentration vorliegender Beimengungen in technisch oder wissenschaftlich wichtigen Mehrphasensystemen.

In vorliegender Arbeit sollte die Verteilung einiger Metalle zwischen einem basischen Magnesium-Eisen-Silikat mittlerer Zusammensetzung, vergleichbar den meteorischen Olivinen und Eisen untersucht werden.

1. Gemische von Eisen und Mg-Fe-Silikaten nebst metallischen oder oxidischen Zuschlägen waren unter Verwendung eines Kurzschlußofens bei 1600 °C zu schmelzen. Als Zuschläge sollten Metalle oder Oxide von Sn, Cu, Ni, Co, Mn und Cr sowie Ga dienen.

2. Die Verteilungskonzentrationen der Zuschläge in den getrennten Phasen waren mit Hilfe klassisch chemischer Methoden sowie mittels der quantitativen Röntgen-Fluoreszenz-Analyse zu ermitteln und unter Anwendung des Nernstschen Verteilungssatzes aus den erhaltenen Ergebnissen die Verteilungskoeffizienten der untersuchten Metalle zu berechnen.

3. Bei Nichteinbeziehung der Temperaturabhängigkeit der Dichte sollte der Verteilungskoeffizient von Nickel zwischen dem Mg-Fe-Silikat und dem Eisenbad ermittelt und mit den in der Literatur angegebenen Größen verglichen werden.

Die Arbeit hatte den Zweck, die von I. und W. Noddack 1931 begonnenen Untersuchungen fortzusetzen (2) .

II. Versuchsdurchführung und Ergebnisse.

Zum Erschmelzen der zu untersuchenden Stoffe Eisen und Magnesium-Eisen-Silikat nebst der metallischen Zuschläge diente ein elektrischer Vakuum-Kurzschlußofen. Dieses Gerät hatte keine Wärmeisolation. Das hatte, verbunden mit einer intensiven Wasserkühlung, ein schnelles Abkühlen der Heizkohle und des Schmelzgutes zur Folge. Das Einfrieren des chemischen Gleichgewichtszustandes wurde dadurch gewährleistet. Die verwendeten Tiegel bestanden aus Alsint (Al_2O_3) bzw. Mg-Al-Spinell. Dieses Tiegelmateriale widerstand im Mittel 15 bis 30 Minuten den stark basischen Schmelzen, ehe das Schmelzgut durch die Tiegelerwärmungen in der Zusammensetzung stark verändert wurde.

Die Temperaturmessung erfolgte optisch mit einem Pyrometer. Die Versuchstemperatur betrug jeweils 1600°C .

In Tabelle 1 sind die Einwaagen der einzelnen Stoffe für die Schmelzversuche aufgeführt. Die Zuschläge der Versuche 14 bis 18 bestanden aus Me-II-Oxiden, für Mn wurde MnO_2 verwendet. Alle anderen Versuche wurden mit Metallzuschlägen ausgeführt.

Das Mg-Fe-Silikat (Olivin) wurde durch Schmelzen von 45 Teilen MgO , 40 Teilen SiO_2 und 15 Teilen FeO (Wüstit) erhalten.

Tabelle 1

Bestandteile der Mischungen für die Versuchsschmelzen in g .

Nr.	Olivin g	Cu g	Sn g	Co g	Ni g	Cr g	Mn g	Ga g	Fe g
1	20,0171	0,4018	0,3994	-	-	-	-	-	20,0018
2	20,0041	0,2001	0,2986	-	-	-	-	-	20,0071
3	20,0171	-	-	-	0,4148	0,4010	-	-	19,9977
4	40,0694	-	0,5014	-	0,4041	0,4023	-	-	39,9973
5	20,0118	-	0,3014	-	0,3155	0,2958	-	-	19,9971
6	20,0305	-	-	-	-	-	-	0,1970	20,0197
7	19,9992	-	-	-	-	-	0,4031	-	20,0110
8	20,0033	-	-	0,4176	-	-	-	-	20,0159
9	20,0043	0,2024	-	-	0,1967	0,2052	0,1994	0,2093	20,2390
10	20,0046	0,1965	-	-	0,1967	0,2052	0,1998	0,2026	19,9956
11	19,9972	0,2020	-	-	0,2068	0,2369	0,2088	0,2047	20,0119
12	20,0087	0,2320	-	-	0,2063	0,2212	0,2001	0,2024	20,0062
13	20,0146	0,2021	0,1998	0,2179	0,2036	0,2021	0,1998	0,1906	20,0036
14	20,1397	0,4044	-	-	0,4049	0,5323	-	-	20,0252
15	40,0051	0,8022	-	-	0,8041	0,8942	-	-	40,0164
16	20,0103	0,2496	-	0,2600	0,2544	0,2916	0,5188	-	19,9997
17	40,0179	0,8022	-	-	-	-	-	-	40,1007
18	20,0130	0,2506	0,2547	0,2594	0,2564	0,2921	0,3479	-	20,0017
19	4,0054	0,0398	0,0432	0,0398	0,0457	0,0404	0,0430	0,0794	4,0054
20	4,0015	0,0408	0,0400	-	0,0409	-	0,0524	0,0379	4,0016
21	5,0000	-	0,0498	-	0,0536	0,0498	0,0512	-	5,0000
22	10,0025	0,1034	-	0,1046	-	0,1007	-	0,1876	10,0026
23	10,0025	-	0,1130	0,1030	-	0,0992	0,1152	-	10,0025

Zur Bestimmung der Konzentrationen der einzelnen Beimetalle in den Schmelzphasen kamen neben der klassisch chemischen, elektrolytischen und colorimetrischen die quantitative Röntgen-Fluoreszenz-Analyse zur Anwendung. Erwähnenswert ist, daß sich die Extraktion des im großen Überschuß vorliegenden Eisens aus 7 n HCl-saurer Lösung als Fe^{+3} mit Iso-butyl-

Methylketon (3) sehr gut bewährte.

Die kurzen Schmelzzeiten reichten nicht immer aus, um eine vollständige Phasenabsonderung zu erreichen. Etwaige kleine Metallreguli, die noch in der Silikatphase eingeschlossen waren, konnten vor der Analyse mechanisch mit einem Permanentmagneten aus dem zerkleinerten Produkt entfernt werden. Tabelle 2 enthält die in je 5 g der Metallphase (Regulus) gefundenen Mengen der Beimetalle in g, Tabelle 3 die in je 5 g Silikat (Schlacke) enthaltenen.

Gallium konnte in keinem Fall in der Olivinphase nachgewiesen werden. Gegenüber der Einwaage dieses Elements zu den einzelnen Schmelzproben ergab sich aus den Analysen der Reguli eine auffällige Differenz. Es mußte angenommen werden, daß sich durch eine Umsetzung des Ga mit dem "Wüstit" (FeO) das flüchtige Ga-II-Oxid gebildet hatte. Daher war es im Silikat nicht mehr nachweisbar. Die in Tabelle 3 aufgeführten Galliumkonzentrationen der Silikatphase wurden aus der Differenz berechnet, sind deshalb rein hypothetischer Natur.

Tabelle 2

Beimetallmengen in je 5 g des Regulus.

Nr.	Art d. Analyse	Sn g	Ga g	Cu g	Ni g	Co g	Mn g	Cr g
1	chem. RFA	0,0604 0,0573	- -	0,0785 0,0780	- -	- -	- -	- -
2	chem. RFA	0,0501 0,0573	- -	0,0374 0,0375	- -	- -	- -	- -
3	chem. RFA	- -	- -	- -	0,1300 0,1299	- -	- -	0,0148 0,0120
4	chem. RFA	0,0651 0,0625	- -	- -	0,0755 0,0297	- -	- -	0,0032 0,0036
5	chem. RFA	0,0429 0,0459	- -	- -	0,0807 0,0800	- -	- -	0,0037 0,0067
6	chem. RFA	- -	0,0339 0,0415	- -	- -	- -	- -	- -
7	chem. RFA	- -	- -	- -	- -	- -	0,0008 0,0010	- -

Tabelle 2

Beimetalldmengen in je 5 g des Regulus.

Nr.	Art der Analyse	Sn g	Ga g	Cu g	Ni g	Co g	Mn g	Cr g
8	chem.	-	-	-	-	0,0726	-	-
	RFA	-	-	-	-	0,0713	-	-
9	chem.	-	0,0460	0,0258	-	-	0,00045	0,00248
	RFA	-	-	-	0,0263	-	-	-
10	chem.	-	-	-	-	-	0,00045	0,0049
	RFA	-	0,0310	0,0481	0,0420	-	-	-
11	chem.	-	0,0393	0,0425	-	-	0,0045	0,0047
	RFA	-	0,0390	0,0355	0,0390	-	-	-
12	chem.	-	-	0,0401	0,0430	-	0,0005	0,0068
	RFA	-	0,0390	0,0443	0,0398	-	-	-
13	chem.	0,0444	-	0,0500	0,0442	0,0577	0,0007	0,0095
	RFA	0,0420	0,0378	0,0535	0,0538	0,0610	-	0,0088
14	chem.	-	-	-	-	-	-	-
	RFA	-	-	0,0700	0,0780	-	-	0,0078
15	chem.	-	-	0,0811	0,0906	-	-	0,0015
	RFA	-	-	0,0950	0,0725	-	-	-
16	chem.	-	-	0,0398	0,0358	0,0499	0,0006	0,0076
	RFA	-	-	0,0437	0,0323	0,0475	-	-
17	chem.	0,0425	-	-	-	-	-	-
	RFA	-	-	0,0595	0,0445	0,0570	0,0005	0,0077
19	chem.	-	-	-	-	-	-	-
	RFA	0,0370	0,0476	0,0328	0,0330	0,0416	0,0002	0,0035
20	chem.	-	-	-	-	-	-	-
	RFA	-	0,0232	0,0350	0,0344	-	0,0004	-
21	chem.	-	-	-	-	-	-	-
	RFA	0,0467	-	-	0,0384	-	0,0004	0,0034
22	chem.	-	-	-	-	-	-	-
	RFA	-	0,0450	0,0336	-	0,0416	-	0,0045
23	chem.	-	-	-	-	-	-	-
	RFA	0,0388	-	-	-	0,0352	0,0004	0,0037

Tabelle 3

Beimetalldmengen in je 5 g der Schlacke.

Nr.	Art der Analyse	Sn g	Ga g	Cu g	Ni g	Co g	Mn g	Cr g
1	chem.	0,0139	-	0,0051	-	-	-	-
	RFA	0,0145	-	-	-	-	-	-

Tabelle 3
Beimetallemengen in je 5 g der Schlacke.

Nr.	Art der Analyse	Sn g	Ga g	Cu g	Ni g	Co g	Mn g	Cr g
2	chem. RFA	0,0175 0,0090	- -	0,0032 0,0014	- -	- -	- -	- -
3	chem. RFA	- -	- -	- -	0,0027 -	- -	- -	0,0865 0,0880
4	chem. RFA	0,0148 0,0124	- -	- -	0,0021 -	- -	- -	0,0278 0,0290
5	chem. RFA	0,0087 -	- -	- -	0,0018 -	- -	- -	0,0406 0,0625
6	chem. RFA	- -	- 0,0080	- -	- -	- -	- -	- -
7	chem. RFA	- -	- -	- -	- -	- -	0,1236 0,0950	- -
8	chem. RFA	- -	- -	- -	- -	0,0004 -	- -	- -
9	chem. RFA	- -	- 0,0082	0,0014 0,0013	0,0005 0,0004	- -	- 0,0525	- 0,0255
10	chem. RFA	- -	- 0,0125	0,0027 0,0012	0,0008 0,0004	- -	- 0,0525	- 0,0255
11	chem. RFA	- -	- 0,0125	0,0028 0,0012	0,0006 0,0004	- -	- 0,0525	- 0,0255
12	chem. RFA	- -	- 0,0113	0,0027 0,0014	0,0008 0,0004	- -	- 0,0580	- 0,0485
13	chem. RFA	0,0085 -	- 0,0098	0,0034 -	0,0010 -	0,0004 -	0,0725 -	0,0675 -
14	chem. RFA	- -	- -	0,0043 0,0048	0,0017 -	- -	- -	0,0470 0,0545
15	chem. RFA	- -	- -	0,0048 -	0,0021 -	- -	- -	0,0762 0,0755
16	chem. RFA	- -	- -	0,0026 -	0,0007 -	0,0003 -	- 0,0680	- 0,0555
17	chem. RFA	- 0,0077	- -	0,0032 -	0,0009 -	0,0004 -	- 0,0562	- 0,0548
19	chem. RFA	- 0,0062	- 0,0318	- 0,0021	- 0,0006	- 0,0003	- 0,0296	- 0,0268
20	chem. RFA	- -	0,0147 -	0,0030 -	0,0006 -	- -	0,0488 -	- -
21	RFA	0,0031	-	-	0,0007	-	0,0480	0,0344
22	RFA	-	0,0300	0,0021	-	0,0003	-	0,0344
23	RFA	0,0062	-	-	-	0,0002	0,0360	0,0272

Verteilungskoeffizienten.

Als Grundlage zur Berechnung der Verteilungskoeffizienten sollte der Verteilungssatz von Nernst dienen :

$$\frac{A^{C_i}}{B^{C_i}} = \text{konst.}$$

A^{C_i} bedeutet hierin die Konzentration (Mol/Volumeneinheit) des Stoffes i in der Phase A, entsprechend B^{C_i} die Konzentration in der Phase B. Für kondensierte Systeme besitzt dieser Satz Gültigkeit, solange die Gesetzmäßigkeiten ideal verdünnter Lösungen gelten. Für das Gebiet realer Lösungen ergibt sich der Verteilungssatz zu :

$$\frac{A^{a_i} \cdot A^{f_i}}{B^{a_i} \cdot B^{f_i}} = \text{konst.} ;$$

wobei A^{a_i} und B^{a_i} die Aktivitäten (Mol/Volumeneinheit) des Stoffes i in der Phase A bzw. B, A^{f_i} und B^{f_i} die entsprechenden Aktivitätskoeffizienten bedeuten. Für das Gebiet hoher Temperaturen sind diese Größen experimentell schwer zu ermitteln. Im Sonderfall der Gleichheit der Aktivitätskoeffizienten des Stoffes i in den Phasen A und B allerdings, ergäbe sich die Gleichung in der ursprünglichen Form.

Das ideale Massenwirkungsgesetz wurde für Gasreaktionen und für Reaktionen in ideal verdünnten Lösungen, also für Umsetzungen in homogenen Phasen abgeleitet. Der Nernstsche Verteilungssatz, welcher die Verknüpfung der Einzelkonzentrationen in verschiedenen Phasen beschreibt, führte zu dem idealen Massenwirkungsgesetz für heterogene Reaktionen zwischen zwei oder mehreren Phasen.

Erläutert sei dies am Beispiel der Metall-Schlackenreaktion. Da zwischen den Phasen Metallbad und Schlackenmischung stets eine gewisse Löslichkeit besteht, handelt es sich zunächst um Reaktionen in homogenen Phasen. Für die Reaktion zweier Metalle A und B mit der Mischung ihrer Salze AS und BS heißt das : es verläuft in der Metallphase die Reaktion :



Die in der Metallphase gelösten Salze $[AS]$ und $[BS]$ reagieren mit den Metallen $[A]$ und $[B]$. Entsprechend verläuft in der Schlacke die Reaktion :



Die in der Schlacke gelösten Metalle (A) und (B) reagieren mit den Salzen (AS) und (BS) . Die Ausdrücke in den Klammern stellen die molaren Konzentrationen der beteiligten Stoffe dar. Für die beiden Reaktionen in den homogenen Phasen gilt :

$$\frac{[BS] \cdot [A]}{[B] \cdot [AS]} = K_{Met.} ; \quad \frac{(BS) \cdot (A)}{(B) \cdot (AS)} = K_{Sch.} .$$

Die Verteilungskoeffizienten für die vier beteiligten Stoffe lauten :

$$\frac{[A]}{(A)} = L_A ; \quad \frac{[B]}{(B)} = L_B ; \quad \frac{[AS]}{(AS)} = L_{AS} ; \quad \frac{[BS]}{(BS)} = L_{BS} .$$

Die Verknüpfung der beiden homogenen Reaktionen führt zu der heterogenen Reaktion :



deren Gleichgewichtskonstante gegeben ist durch :

$$K_H = \frac{L_{AS} \cdot K_{Met.}}{L_{BS}} = \frac{L_A \cdot K_{Sch.}}{L_B}$$

$$K_H = \frac{(BS) \cdot [A]}{[B] \cdot (AS)} .$$

Bestimmend für den Reaktionsablauf sind die Hauptkomponenten der Metallphase, die Metalle $[A]$ und $[B]$ bzw. die Hauptkomponenten der Schlackenphase, die Salze (AS) und (BS) . Unser behandeltes System enthielt nur zwei Hauptbestandteile, eine Metallphase mit mehr als 95% Eisen und eine Silikatphase mit mehr als 95% Mg-Fe-Silikat. Die Menge der metallischen oder oxidischen Zuschläge lag jeweils zwischen 0,5 und 1 % der Gesamtmasse. Der stöchiometrische Umsatz war bei dem großen Überschuß von Eisen und Silikat analytisch nicht zu verfolgen. Es konnten nicht alle Konzentrationen experimentell bestimmt, damit das ideale Massenwirkungsgesetz für heterogene Reaktionen nicht angewendet werden.

Eine Näherungslösung zur Berechnung der Koeffizienten bot der Verteilungssatz von Nernst in seiner Molenbruchform :

$$\frac{\chi_1}{\chi_2} = K_V,$$

hierin sind χ_1 und χ_2 die Molenbrüche des sich verteilenden Stoffes in den beiden Phasen. Sind n_1 und n_2 die Zahlen der Mole des sich verteilenden Stoffes in den beiden Phasen und n_i und n_j die Anzahl der Mole der angewendeten Phasen, dann ergeben sich die Molenbrüche zu :

$$\chi_1 = \frac{n_1}{n_1 + n_i} ; \chi_2 = \frac{n_2}{n_2 + n_j}.$$

Tabelle 4 enthält die Verteilungskoeffizienten, die in erster Näherung die Aussage der Gleichgewichtsverhältnisse von Sn, Ga, Cu, Ni, Co, Mn und Cr zwischen den Schmelzphasen Olivin und Eisen wiedergeben.

Tabelle 4

Verteilungskoeffizienten $K_V \cdot 10^{-2}$

Nr.	Sn	Ga	Cu	Ni	Co	Mn	Cr
1	21,6	-	5,9	-	-	-	-
2	27,5	-	3,3	-	-	-	-
3	-	-	-	1,9	-	-	662
4	18,0	-	-	2,5	-	-	700
5	17,0	-	-	2,0	-	-	846
6	-	17,4	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	8957	-
8	-	-	-	-	0,5	-	-
9	-	16,1	4,90	1,6	-	10500	848
10	-	36,4	5,0	1,7	-	11700	746
11	-	27,1	6,0	1,4	-	10200	1085
12	-	26,0	5,4	2,6	-	10470	649
13	18,2	23,0	5,7	1,4	0,6	9310	689
14	-	-	5,4	2,0	-	-	634
15	-	-	5,3	2,0	-	-	765
16	-	-	5,4	2,0	0,6	11010	660
17	16,2	-	4,9	1,9	0,6	10760	642

Tabelle 4
Verteilungskoeffizienten $K_V \cdot 10^{-2}$

Nr.	Sn	Ga	Cu	Ni	Co	Mn	Cr
19	15,0	67,5	5,8	1,7	0,6	12200	893
20	-	57,6	7,6	1,6	-	12050	-
21	15,9	-	-	1,7	-	8980	912
22	-	60,2	5,5	-	0,6	-	690
23	14,8	-	-	-	0,6	8800	662

In der ursprünglichen Fassung des Nernstschen Verteilungssatzes erfolgte die Konzentrationsangabe in Molen pro Volumeneinheit. Bei Anwendung dieser Form, auf gleiche Volumenverhältnisse bezogen, errechnete sich unter Nichteinbeziehung der Temperaturabhängigkeit der Dichte der Verteilungskoeffizient von Nickel zwischen dem Mg-Fe-Silikat und dem Eisenbad zu :

$$K_{V_{Ni}} = \frac{A^{cNi}}{B^{cNi}} \frac{\text{Mol}_{Ni} / V_{Ol}}{\text{Mol}_{Ni} / V_{Fe}} = 8,6 \cdot 10^{-3} .$$

Die Übereinstimmung mit der Gleichgewichtskonstanten der heterogenen Reaktion zwischen Fe und Ni und ihren Oxiden



ist gut. In der Literatur wird für K dieser Reaktion (4) angeführt :

$$K = 8,9 \cdot 10^{-3} \quad \text{und} \quad K = 8,6 \cdot 10^{-3} \quad \text{für} \quad 1600 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Die Temperaturabhängigkeit der Verteilung wurde von uns nicht untersucht, da über 1900 °C die gegenseitige Löslichkeit der Schmelzphasen zu groß ist.

Zusammenfassung.

Mit dem Zweiphasensystem Mg-Fe-Silikat (Olivin) - Eisen, dem Metall- bzw. Oxidzuschläge beigegeben waren, wurden bei 1600 °C Schmelzversuche ausgeführt. Das Verteilungsverhältnis Schlacke / Regulus der Zuschläge wurde nach dem Nernstschen Verteilungssatz in Molenbruchform ermittelt und der Wert für Nickel unter Vernachlässigung der Molenbruchform mit Literaturwerten verglichen.

Literaturverzeichnis .

- 1) Aus der Fülle der Literatur sei hier nur auf folgende Arbeiten verwiesen :
W.Jander, K.Rotschild, Z.anorg.allg.Chem. 172 (1928) 129
G.Tammann, Arch.Eisenhüttenwesen 5 (1931) 71 , 75
W.Krings, H.Schackmann, Z.anorg.allg.Chem. 202 (1931) 206
W.Krings, E.Kehren, Z.anorg.allg.Chem. 209(1932)385
F.Körper, W.Oelsen, Arch.Eisenhüttenwesen 6 (1932) 307
W.Oelsen, Z.techn.Physik 14 (1933) 222
W.Krings, Z.Metallkunde 26 (1934) 247
W.Oelsen, Z.Elektrochem. 42 (1936) 557
W.Noddack, U.Bohnstedt, Z.anorg.allg.Chem. 244(1940)252
E.Plöckinger, H.Straube, Radex-Rdschau. Heft 6(1953) 3
J.E.Stukel, J.Cocubinsky, J.Metals 200 (1954) 353
H.Schenk, G.Wiesner, Arch.Eisenhüttenwesen 27 (1956) 1
- 2) I.u.W.Noddack , Z.f.phys.Chem. 3 (1931) 154
- 3) A.Claasen, L.Bastings, Z.Analy.Chem. 160 (1958) 403
- 4) P.Bardenheuer, F.Brauns, Mitt.KWI f. Eisenforsch.
17 (1935) Abh.379
W.Jander, H.Senf, Z.anorg.allg.Chem. 217 (1930) 209
H.z.Strassen, Z.anorg.allg.Chem. 191 (1930) 209

Die vorliegende Arbeit wurde in der Zeit vom 1.9.1958 bis 1.11.1960 am Staatlichen Forschungsinstitut für Geochemie in Bamberg ausgeführt.

Für die freundliche Anleitung zur Arbeit danke ich ganz besonders meinem verehrten Lehrer, Herrn Professor Dr.W.Noddack †.

Lebenslauf

Am 12. September 1930 wurde ich, Ernst Ludwig Unger, als Sohn des Kaufmanns Kurt Unger und seiner Ehefrau Meta, geb. Stahl in Taubenbach in Thüringen geboren. Von 1936 bis 1940 besuchte ich die Volksschule in Sonneberg-Hönbach / Thür., ab 1940 die Werner Siemens - Oberschule in Sonneberg. Am 13. Juni 1950 bestand ich die Reifeprüfung, verließ wenige Tage später die Sowjetzone und arbeitete bis zu meinem Studienbeginn im Sommersemester 1952 an der erweiterten Phil.-Theol.-Hochschule in Bamberg bei der Firma Ernst Platt, Lackfabrik, in Bochum.

Das Diplomchemiker-Vorexamen bestand ich am 12. März 1955 an der Phil.-Theol.-Hochschule in Bamberg, die mündliche Prüfung des Diplomchemiker-Hauptexamens am 13. November 1957 an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg. Hier studierte ich seit dem Sommersemester 1955.

Bei Herrn Professor Dr. W. Noddack im Staatlichen Forschungsinstitut für Geochemie in Bamberg führte ich in der Zeit vom 1. Dezember 1957 bis 15. Juli 1958 die Diplomarbeit und vom 1. September 1958 bis 1. November 1960 die Doktorarbeit aus.

Ich versichere, daß ich die vorliegende Arbeit, Ratsschläge von Herrn Prof. Dr. W. Noddack ausgenommen, selbständig und ohne fremde Hilfe ausgeführt habe.

GEDRUCKT BEI LUDWIG MÜLLER ERLANGEN